

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.Н.Здрок

20 г.

Регистрационный № УД- 8928уч.

Эволюционные алгоритмы

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальностей:

1-31 80 03 Математика и компьютерные науки
профилизация Компьютерная математика и системный анализ

2020 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 80 03-2019 и учебных планов УВО: № G31з-090/уч., № G31-049/уч. от 11.04.2019.

СОСТАВИТЕЛИ:

М.Н. Василевич, доцент кафедры дифференциальных уравнений и системного анализа Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук.

А.Э. Малевич, доцент кафедры дифференциальных уравнений и системного анализа Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

Д.Н. Чергинец, доцент кафедры дифференциальных уравнений и системного анализа Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук.

РЕЦЕНЗЕНТ:

А.А.Буряков, инженер-программист ИООО "ЭКСАДЕЛ".

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой дифференциальных уравнений и системного анализа Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 14.05.2020);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 5 от 17.06.2020).

Зав. кафедрой дифференциальных уравнений
и системного анализа, профессор

В.И.Громак

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – обучение магистрантов выполнению прикладных исследований в области обработки данных и искусственного интеллекта.

Задачи учебной дисциплины:

- формирование у магистрантов способностей самостоятельной разработки алгоритмов решения задач и их анализа;
- развитие навыков применения теоретических знаний при решении прикладных задач;
- использование математических и компьютерных методов исследований при анализе современных естественнонаучных, экономических, социально-политических процессов;
- приобретение способностей самостоятельного расширения компьютерных математических знаний и их использование при анализе математических моделей широкого круга прикладных задач.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра).

Учебная дисциплина является дисциплиной компонента учреждения высшего образования и входит в состав **модуля** «Анализ данных». Её преподавание тесно связано с дисциплинами «Машинное обучение», «Прикладной искусственный интеллект» и «Высоконагруженные системы и анализ данных».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Эволюционные алгоритмы» должно обеспечить формирование следующей **специализированной компетенции**:

СК-4. Быть способным эффективно использовать алгоритмы обработки данных и нейронные сети.

В результате изучения учебной дисциплины студент магистратуры должен:

знать:

- базовые понятия теории эволюционных алгоритмов;
- подходы и методы к задачам теории эволюционных алгоритмов;
- принципы работы эволюционных алгоритмов;
- основные параметры эволюционных алгоритмов;

уметь:

- использовать современные методы компьютерного моделирования для исследования информационных систем;
- проектировать, обучать и использовать эволюционные алгоритмы для решения практических задач;
- использовать различные алгоритмы машинного обучения для решения практических задач;
- делать оценки и сравнивать качество обучения и функционирования различных моделей, построенных на базе эволюционных алгоритмов;

- самостоятельно расширять компьютерные математические знания с дальнейшим их использованием при построении и анализе математических и компьютерных моделей широкого круга теоретических и прикладных задач;

владеть:

- методами построения эволюционных алгоритмов;
- методами построения других алгоритмов машинного обучения;
- методами исследований и решения проблем извлечения, анализа и обработки данных с использованием математических компьютерных приложений;
- языками программирования и пакетами для машинного обучения.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 3 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Эволюционные алгоритмы» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 198 часов, в том числе 54 аудиторных часа, из них: лекции – 18 часов, лабораторные занятия – 18 часов, практические занятия – 18 часов;

– для заочной формы получения высшего образования – всего 198 часов, в том числе 12 аудиторных часов, из них: лекции – 4 часа, лабораторные занятия – 4 часа, практические занятия – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Общие понятия и схема эволюционных алгоритмов

Понятие фитнес-функции, агента. Общая схема эволюционных алгоритмов. Инициализация популяции. Миграция агентов популяции. Завершение поиска.

Тема 2. Алгоритм роевой оптимизации (PSO)

История возникновения. Описание алгоритма.

Текущее состояние частицы. Координаты в пространстве и вектор скорости. Лучшая найденная частицей точка. Лучшая точка из пройденных всеми частицами системы. Модификации классического алгоритма роя частиц: LBEST, Inertia Weighted PSO, Time-Varying Inertia Weighted PSO, Fully Informed Particle Swarm.

Проведение исследования для задачи безусловной оптимизации и тестовых целевых функций Розенброка, Экли, Швевеля.

Тема 3. Алгоритм искусственной пчелиной колонии

Описание алгоритма. Сбор нектара в пчелиной колонии: пчелы-разведчики и пчелы-рабочие.

Параметры алгоритма пчелиной колонии: количество разведчиков, количество лучших и перспективных областей, радиус локальной разведки, количество пчел для каждого класса области, минимально возможное расстояние между соседними областями.

Этапы работы алгоритма:

1. Инициализация;
2. Локальный поиск.

Проведение исследования для задачи безусловной оптимизации и тестовых целевых функций Розенброка, Экли, Швевеля.

Тема 4. Алгоритм колонии муравьев (ACO)

Концепция алгоритма. Способность муравьев находить кратчайший путь. Способность муравьев быстро адаптироваться к различным внешним условиям. Набор команд муравьиного алгоритма:

1. Создание агентов;
2. Поиск подходящего решения;
3. Изменение феромона;
4. Вспомогательные действия.

Тема 5. Алгоритм поиска косяком рыб (FSS)

История возникновения. Концепция алгоритма.

Этапы работы алгоритма:

1. Инициализация популяции;
2. Оператор кормления;
3. Индивидуальное плавание;
4. Инстинктивно-коллективное плавание;
5. Коллективно-волевое плавание.

Проведение исследования для задачи безусловной оптимизации и тестовых целевых функций Розенброка, Экли, Швеефеля, Растригина.

Модифицированные алгоритмы FSS. Плотный алгоритм FSS (Density FSS, DFSS), использующий модифицированные операторы классического алгоритма, а также новые операторы памяти и разбиения.

Тема 6. Сравнение эволюционных алгоритмов

Алгоритм роя частиц: крайне низкая алгоритмическая сложность в реализации; эффективность для глобальной оптимизации.

Муравьиный алгоритм: эффективность для TSP (Traveling Salesman Problem) с небольшим количеством узлов; использование в приложениях, которые могут адаптироваться к изменениям; благодаря памяти всей колонии и случайному выбору пути не так сильно подвержен неудачным первоначальным решениям.

Алгоритм пчелиной колонии: возможность эффективного разделения на параллельные процессы; высокая скорость работы.

Преимущества алгоритма FSS в сравнении с каноническим алгоритмом роя частиц и некоторыми его модификациями по критерию точности локализации глобального экстремума.

Тема 7. Применение эволюционных алгоритмов

Алгоритм роя частиц:

- Задачи машинного обучения;
- Задачи оптимизации функций многих параметров, форм, размеров и топологий;
- Область проектирования;
- Биоинженерия, биомеханика, биохимия.

Муравьиный алгоритм:

- Расчеты компьютерных и телекоммуникационных сетей;
- Задача коммивояжера;
- Задача раскраски графа;
- Задача оптимизации сетевых трафиков.

Алгоритм пчелиной колонии:

- Оптимизация управления;
- Оптимизация классификаторов.

Практические задачи. Эксперименты на реальных данных и на модельных данных.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Эволюционные алгоритмы	18	18		18			
1.	Общие понятия и схема эволюционных алгоритмов	2	2		2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
2.	Алгоритм роевой оптимизации (PSO)	2	2		2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
3.	Алгоритм искусственной пчелиной колонии	2	2		2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
4.	Алгоритм колонии муравьев (ACO)	2	2		2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
5.	Алгоритм поиска косяком рыб (FSS).	4	4		4			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование

6.	Сравнение эволюционных алгоритмов	2	2		2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
7.	Применение эволюционных алгоритмов	4	4		4			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Заочная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Эволюционные алгоритмы	4	4		4			
1.	Общие понятия и схема эволюционных алгоритмов	1	1					Собеседование
2.	Алгоритм роевой оптимизации (PSO)	1			1			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
3.	Алгоритм искусственной пчелиной колонии		2					Собеседование
4.	Алгоритм колонии муравьев (ACO)	1			1			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
5.	Алгоритм поиска косяком рыб (FSS).	1			1			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование

6.	Сравнение эволюционных алгоритмов		1					Отчет по лабораторной работе с устной защитой
7.	Применение эволюционных алгоритмов				1			Отчет по лабораторной работе с устной защитой

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой : учебное пособие (2-е издание) / А. П. Карпенко. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 448с.
2. Sean Luke Essentials of Metaheuristics. – LuLu. Second Edition (Online Version 2.2) October, 2015. – 261 p.
3. Методы стохастической оптимизации: учебное пособие / П.В. Матренин, М.Г. Гриф, В.Г. Секаев. – Новосибирск: Изд-воНГТУ, 2016. – 67 с.
4. Саймон Д. Алгоритмы эволюционной оптимизации. – М: ДМК Пресс, 2019. – 940 с.
5. Форд, Мартин. Архитекторы интеллекта. Вся правда об искусственном интеллекте от его создателей = Architects of Intelligence. The Truth About AI From People Building It / Мартин Форд; [пер. с англ. И. Рuzмайкиной]. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2020. - 413 с.
6. Гифт, Ной. Прагматичный ИИ. Машинное обучение и облачные технологии = Pragmatic AI. An Introduction to Cloud-Based Machine Learning / Ной Гифт; [пер. с англ. И. Пальти]. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2019. - 301 с.
7. Фостер, Дэвид. Генеративное глубокое обучение. Творческий потенциал нейронных сетей = Generative Deep Learning. Teaching Machines to Paint, Write, Compose, and Play / Дэвид Фостер ; [пер. с англ. А. Киселева]. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2020. - 346 с.
5. Николенко, С. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей / С. Николенко, А. Кадурын, Е. Архангельская. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2020. - 476 с.
6. Р. В. Шамин. Машинное обучение и искусственный интеллект в математике и приложениях. <http://www.mathnet.ru/conf1243>
7. Водолазский И. А., Егоров А. С., Краснов А. В. Роевой интеллект и его наиболее распространённые методы реализации // Молодой ученый. – 2017. – №4. – С. 147-153.
8. Daumé, H. A course in Machine Learning. http://ciml.info/dl/v0_9/ciml-v0_9-all.pdf

Перечень дополнительной литературы:

1. Миллер, П. Роевой интеллект: Муравьи, пчелы и птицы способны многому нас научить // National Geographic Россия. – 2007. – № 8. – С. 88–107.

2. Цой Ю.Р. Метаэвристика (перевод книги "Essentials of Metaheuristics") – 2011. –204 С.
3. Вороновский Г.К. и др. Генетические алгоритмы, Искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности. – Харьков: "Основа", 1997. – 107 с.
4. Воронцов, К.В. Машинное обучение. Курс лекций. <http://www.machinelearning.ru>
5. Лагунова А.Д. Алгоритм стаи серых волков для задач оптимизации // Оригинальные исследования (ОРИС) - 2019 - №.4. - С. 52-62.
6. Емельянов В. В., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Теория и практика эволюционного моделирования. — М.: Физматлит, 2003. — 432 с.
7. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1973. – 832 С.
9. Флах, П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. М.: ДМК Пресс, 2015. 400 с.
10. Гудфеллоу, Я. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль. М.: ДМК Пресс, 2017. 652 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Контроль работы магистранта на лекции проходит в форме собеседования. На лабораторных занятиях магистранты выполняют лабораторные работы, защита которых проходит в форме отчетов по лабораторным работам с устной защитой. Задания к лабораторным работам составляются согласно содержанию учебного материала.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Эволюционные алгоритмы» учебным планом предусмотрен зачет.

Зачет по дисциплине проходит в устной или письменной форме.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в рейтинговую оценку:

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- ответы на лекциях – 20 %;
- отчеты по лабораторным работам – 80 %.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Весовой коэффициент текущей успеваемости – 0.4, весовой коэффициент экзаменационной оценки – 0.6.

**Описание инновационных подходов и методов к преподаванию
учебной дисциплины (эвристический, проектный,
практико-ориентированный)**

При организации образовательного процесса используется **эвристический подход**, который предполагает:

осуществление студентами лично-значимых открытий окружающего мира;

демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач и жизненных проблем;

творческую самореализацию обучающихся в процессе создания образовательных продуктов;

индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлексию собственной образовательной деятельности.

При организации образовательного процесса используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает:

освоение содержания образования через решения практических задач; приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;

ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;

использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

При организации образовательного процесса **используется метод проектного обучения**, который предполагает:

способ организации учебной деятельности студентов, развивающий актуальные для учебной и профессиональной деятельности навыки планирования, самоорганизации, сотрудничества и предполагающий создание собственного продукта;

приобретение навыков для решения исследовательских, творческих, социальных, предпринимательских и коммуникационных задач.

Примерные темы лабораторного практикума

1. Общие понятия и схема эволюционных алгоритмов

2. Алгоритм роевой оптимизации (PSO)
3. Алгоритм искусственной пчелиной колонии
4. Алгоритм колонии муравьев (ACO)
5. Алгоритм поиска косяком рыб (FSS)
6. Сравнение эволюционных алгоритмов
7. Применение эволюционных алгоритмов

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашнего задания;
- работы, предусматривающие решение задач и выполнение упражнений, выдаваемых на лабораторных занятиях;
- подготовка отчета по лабораторной работе.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы УВО по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹
Машинное обучение	Кафедра дифференциальных уравнений и системного анализа	нет	Вносить изменения не требуется (№ 9 от 14.05.2020)

¹ При наличии предложений об изменениях в содержании учебной программы УВО.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
 _____ (название кафедры) (протокол № ____ от _____ 202_ г.)

Заведующий кафедрой

доктор физ.-мат. наук, профессор
 (ученая степень, ученое звание)

 (подпись)

В.И. Громак
 (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

доктор физ.-мат. наук, доцент
 (ученая степень, ученое звание)

 (подпись)

С.М. Босяков
 (И.О.Фамилия)